

MATLAB EXPO

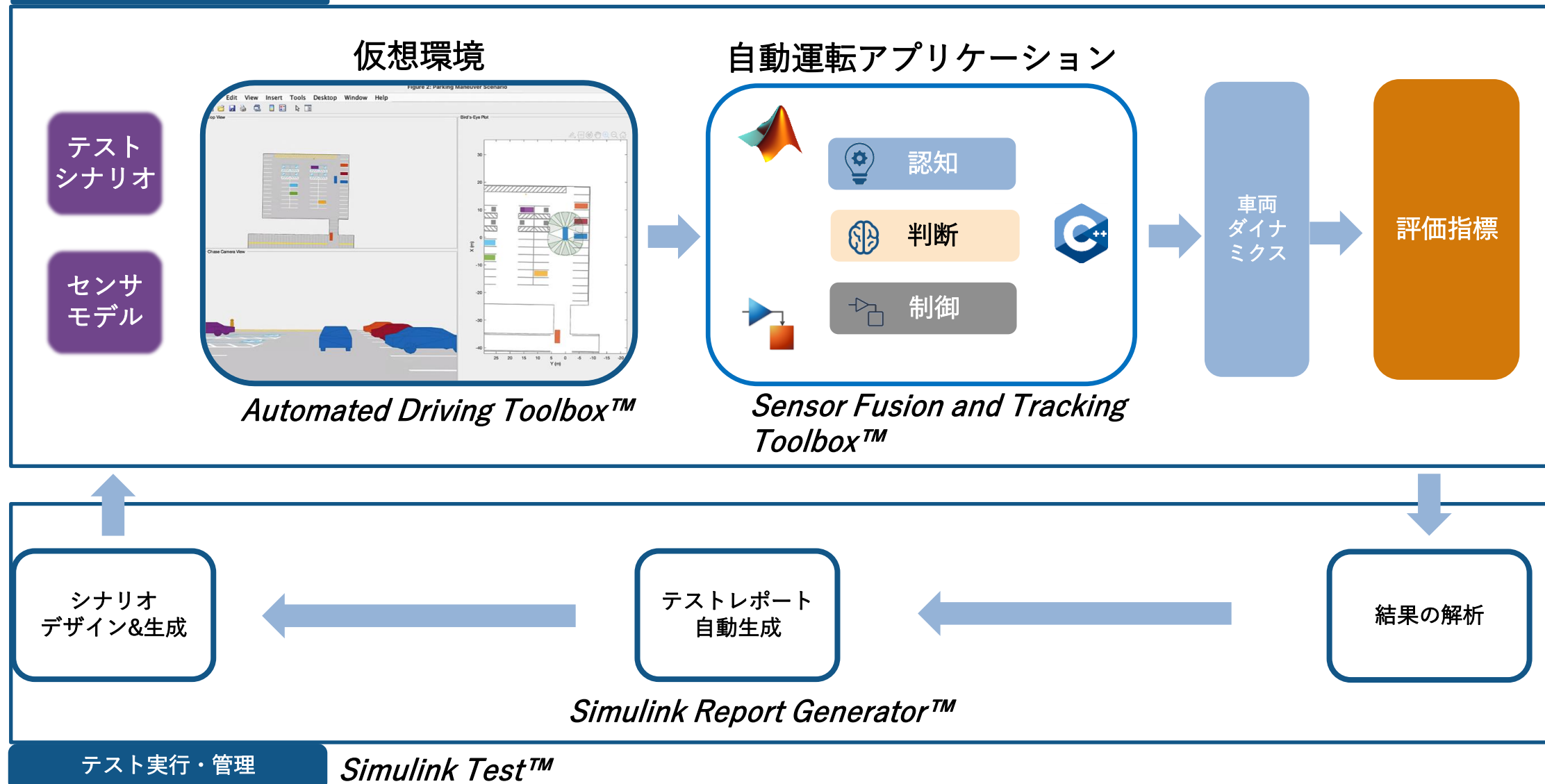
MathWorksが提供する仮想環境とその活用について

Kei Otsuka, MathWorks Japan



センサーフュージョンアルゴリズム開発・検証環境 with MATLAB and Simulink

バーチャルテストベッド(MILS)

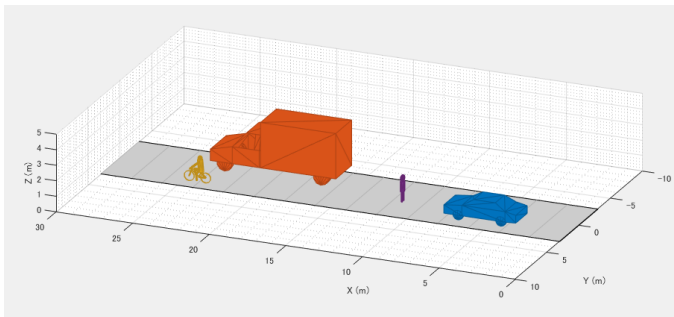


シーンやシナリオの作成 – 自動運転アルゴリズム開発検証用途

各種地図データ

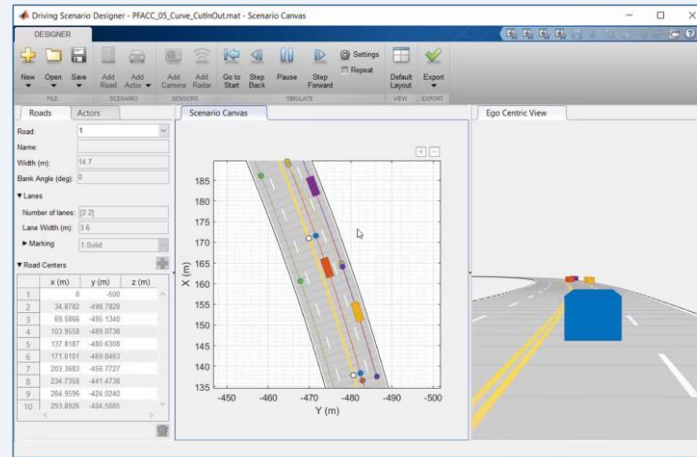
OpenDRIVE
OpenStreetMap
HERE HD Maps
Zenrin Japan Map API

カスタムメッシュ



Design Driving Scenarios

Driving Scenario Designer App



Driving Scenario API

```
ds = drivingScenario();
```

コマンドラインAPI

Driving scenario

- Roads
- Lane markings
- Barriers & guardrails
- Vehicle trajectories

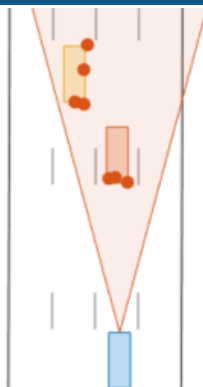
OpenDRIVE

OpenSCENARIO

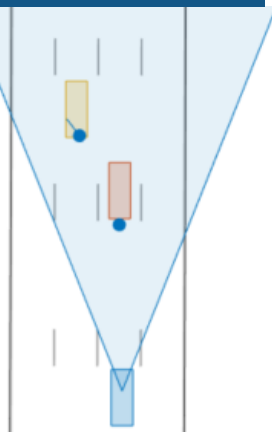
Driving Scenarioで利用できるセンサモデル



Radar Detections



Vision Detections



- 確率的センサモデル
 - 統計的なセンサ特性の基づいた簡易モデル
- センサ搭載位置、姿勢は任意に設定可能

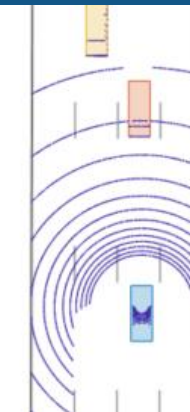
設定可能なセンサパラメータ(一部)

道路	アクター	センサー
1: レーダー		
名前: レーダー		☒ 有効
間隔の更新 (ms): 100		
タイプ: レーダー		
▼ センサーの配置		
X (m): 3.7	Y (m): 0	高さ (m): 0.2
ロール (°): 0	ピッチ (°): 0	ヨー (°): 0
▼ センサー パラメーター		
検出確率: 0.9		
偽警報率: 1e-06		
視野方位角 (°): 20	仰角 (°): 5	
最大範囲 (m): 100		
☒ 最小範囲率: -100	最大: 100	
☐ 仰角あり		
☒ オクルージョンあり		



LIDAR
の追加

Lidar Point Cloud

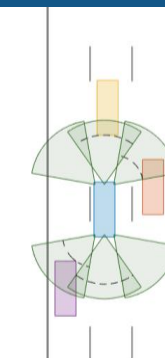


R2020a



超音波の
追加

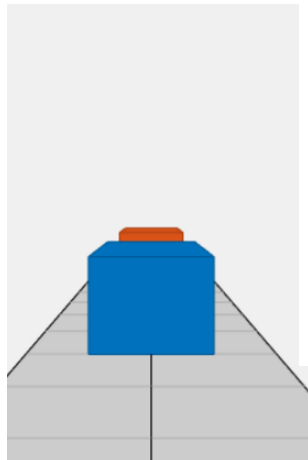
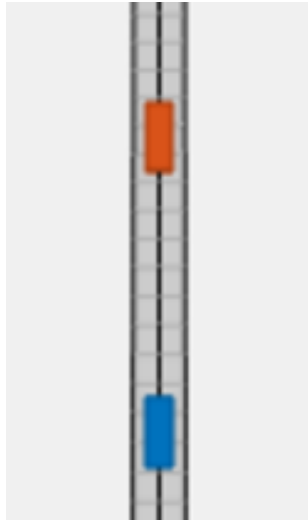
Ultrasonic Detections



R2022a

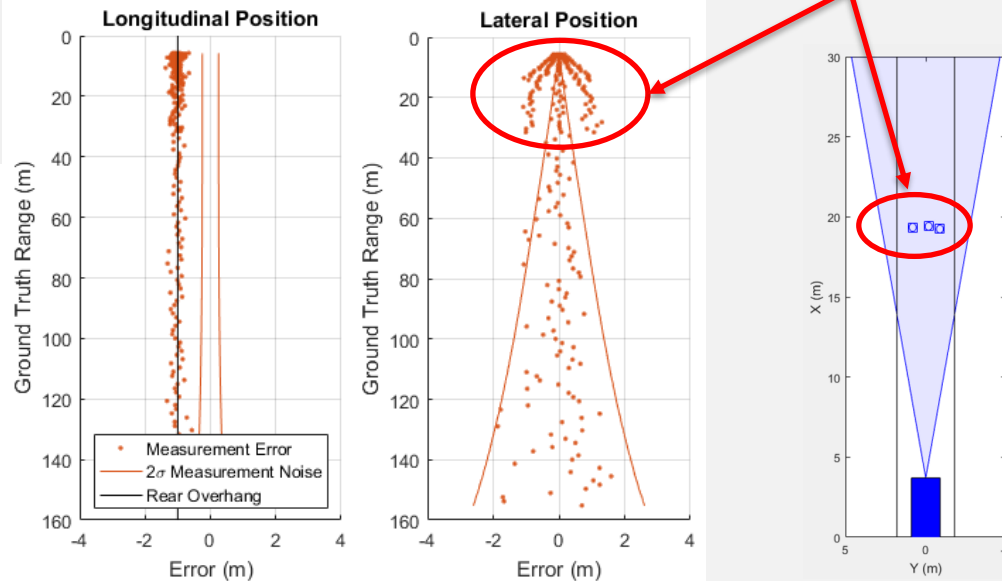
各センサモデルの特性について visionDetection vs radarDetection

Truth



Simulated Radar Detections

- + レンジレート、距離精度は良好
- クロスレンジ方向の精度は劣る
- 非視線速度の要素は観測不可
- 1物体に対して複数のDetectionが得られる可能性がある

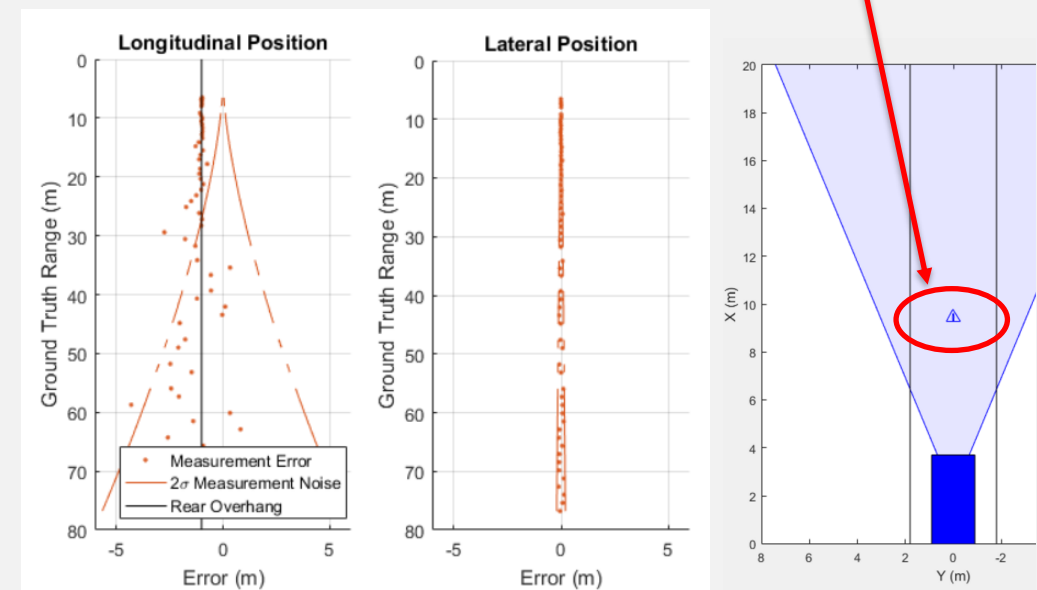


Good

Poor

Simulated Vision Detections

- + 横方向の精度は良好
- 縦(距離)方向の精度が劣る。特に道路に勾配がある場合は顕著になる
- 速度情報の精度が劣る
- オクルージョンによって物体検出が制限される場合がある
- + 1物体に対してDetectionも1つ



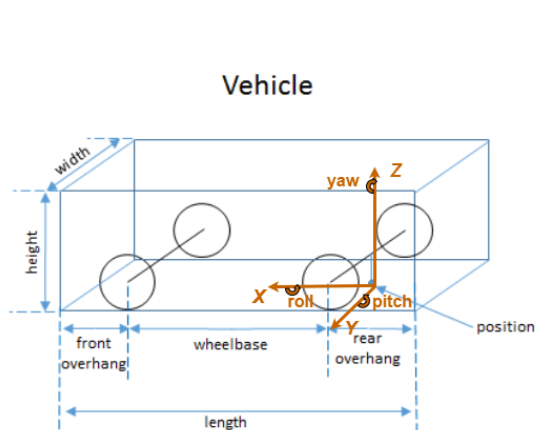
Poor

Good

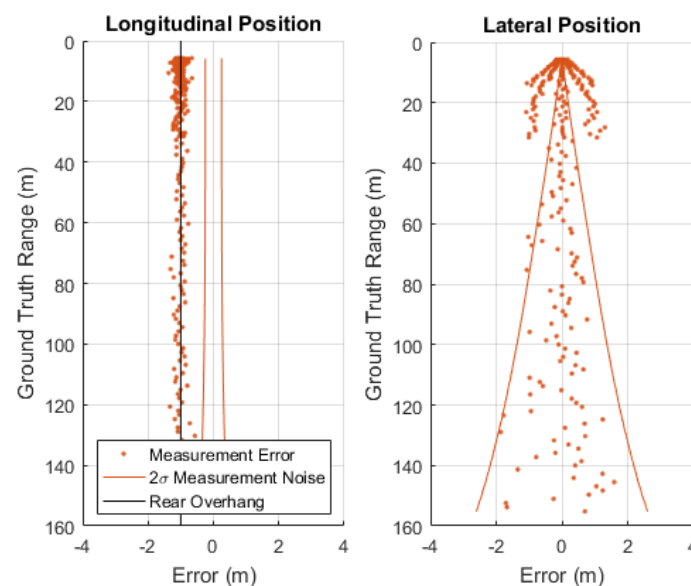
各種センサ出力や環境はカスタマイズ可能

#1. センサモデルのカスタマイズ

- センサアルゴリズムのカスタマイズ
- センサ出力の種類 (クラスタリング前/後 点群、物体検出結果)
- 実センサとECUのサンプリングレートの違い
- ECUに入力するデータの構造



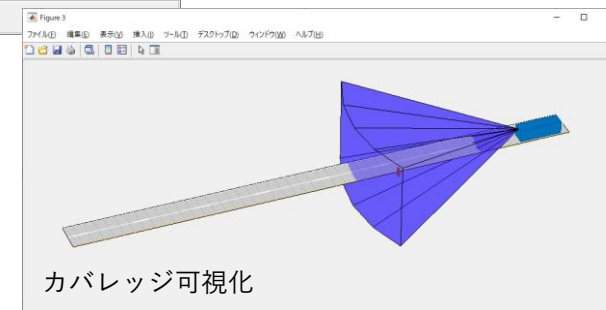
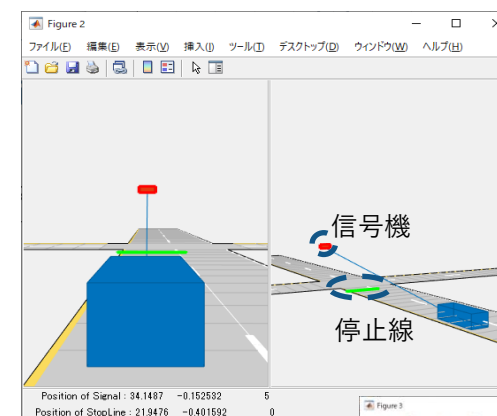
物体検出位置のカスタマイズ



センサ特性のカスタマイズ

#2. フュージョンに必要な他車・環境情報の追加

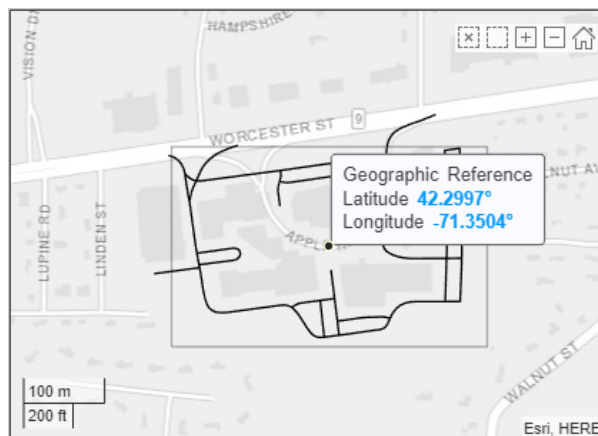
- 環境：信号機、標識、停止線、制限车速 等
- 自車：センサカバレッジ可視化
- 他車：方向指示灯、制動灯、尾灯、後退灯、姿勢情報 等



カバレッジ可視化

シーン・シナリオ自動生成

OpenStreetMapからの 道路情報インポート



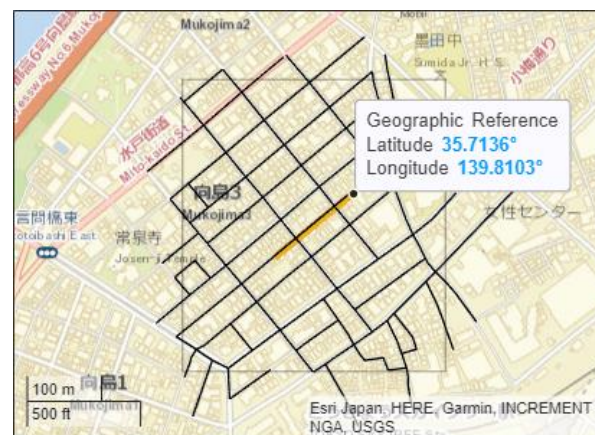
OpenStreetMapファイル(.osm, .xml)
をDriving Scenarioに読み込み可能に

[Import OpenStreetMap Data into Driving Scenario](#)

Automated Driving Toolbox™

R2021a

ゼンリンデータコム いつもNAVI APIを経由した 道路情報のインポート



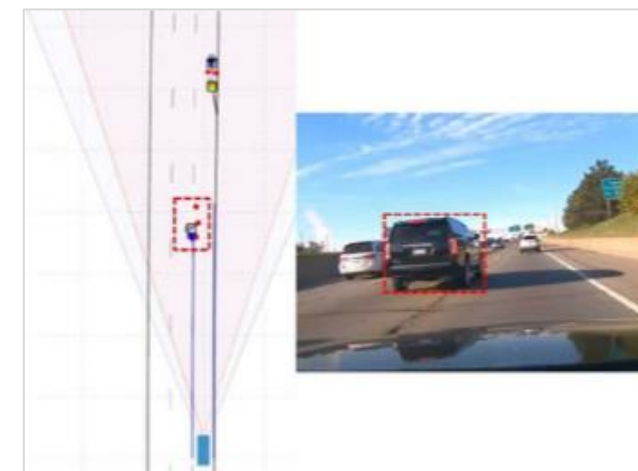
所望のエリアの緯度経度を指定するだけで
道路ネットワークを構築

[Import Zenrin Japan Map API 3.0 \(Itsumo NAVI API 3.0\) into Driving Scenario](#)

Automated Driving Toolbox™

R2021a

テスト車両データからの シナリオ生成

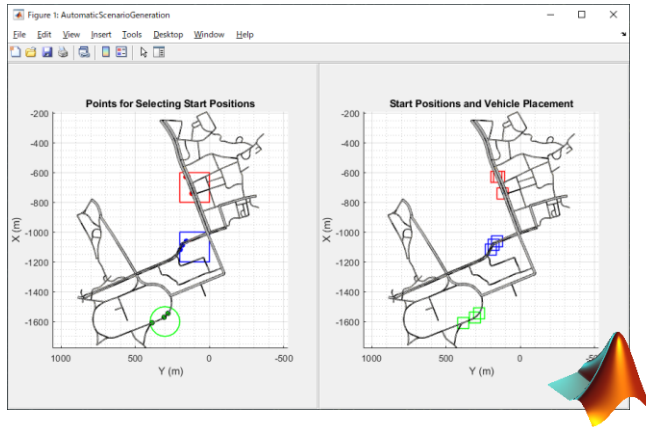


[Creating Driving Scenarios from Recorded Vehicle Data for Validating Lane Centering Systems](#)

*MathWorks Automotive Conference
2020 – North America*

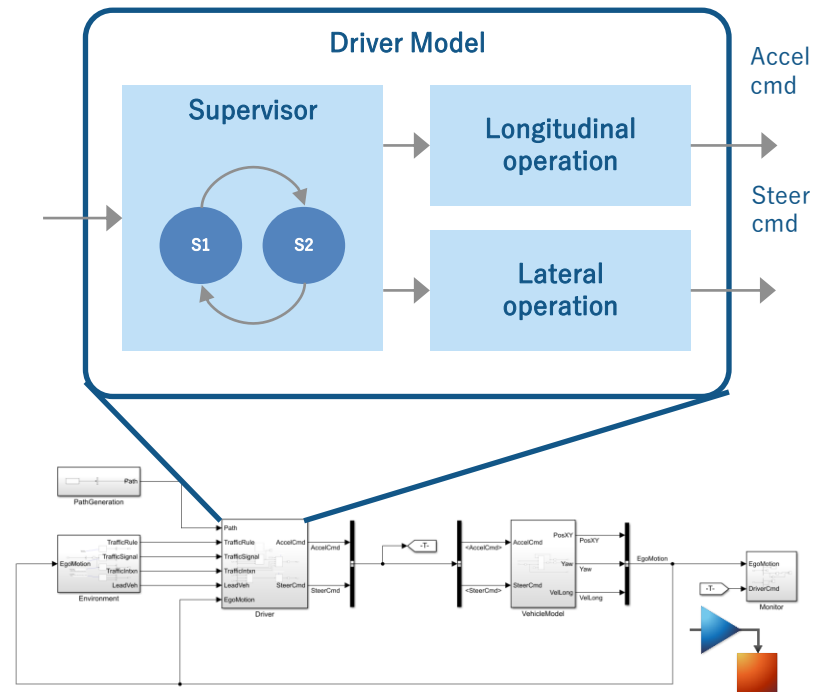
交通流の再現

経路生成



始点、終点から最短経路を自動生成
低コスト、MATLAB環境で完結

ドライバーモデル作成



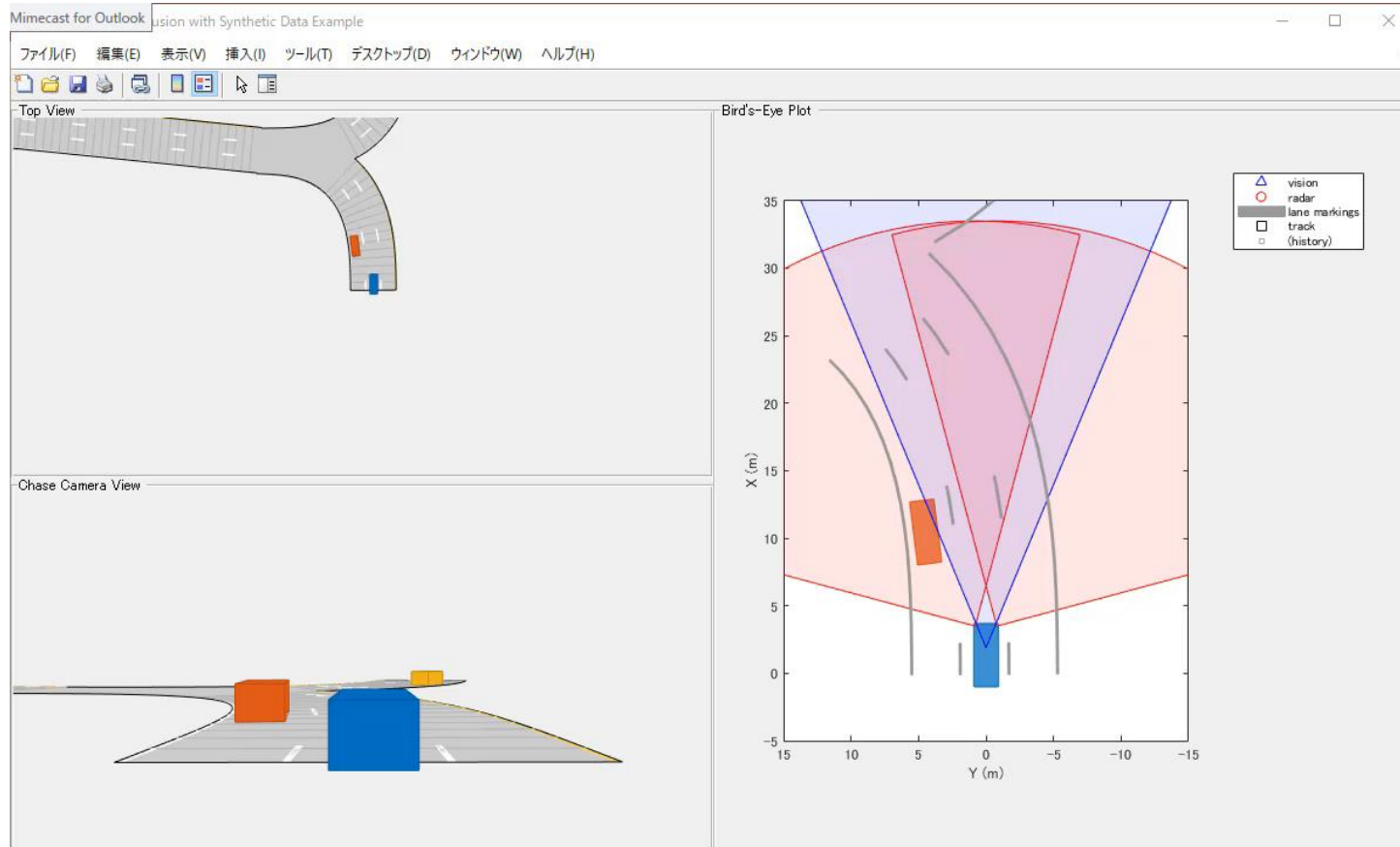
Simulink、Stateflowで状況に応じた
カスタマイズ可能、
ホワイトボックスドライバーモデル

交通シミュレータの利用

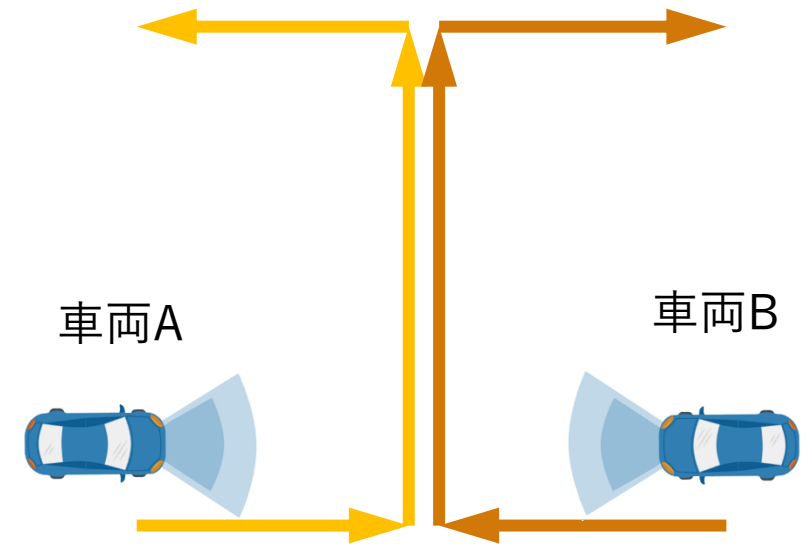


歩行者や近隣の交通イベントとの相互作用も
考慮された
交通シミュレータによるアクターの制御

実車では再現の難しいテストシナリオの作成



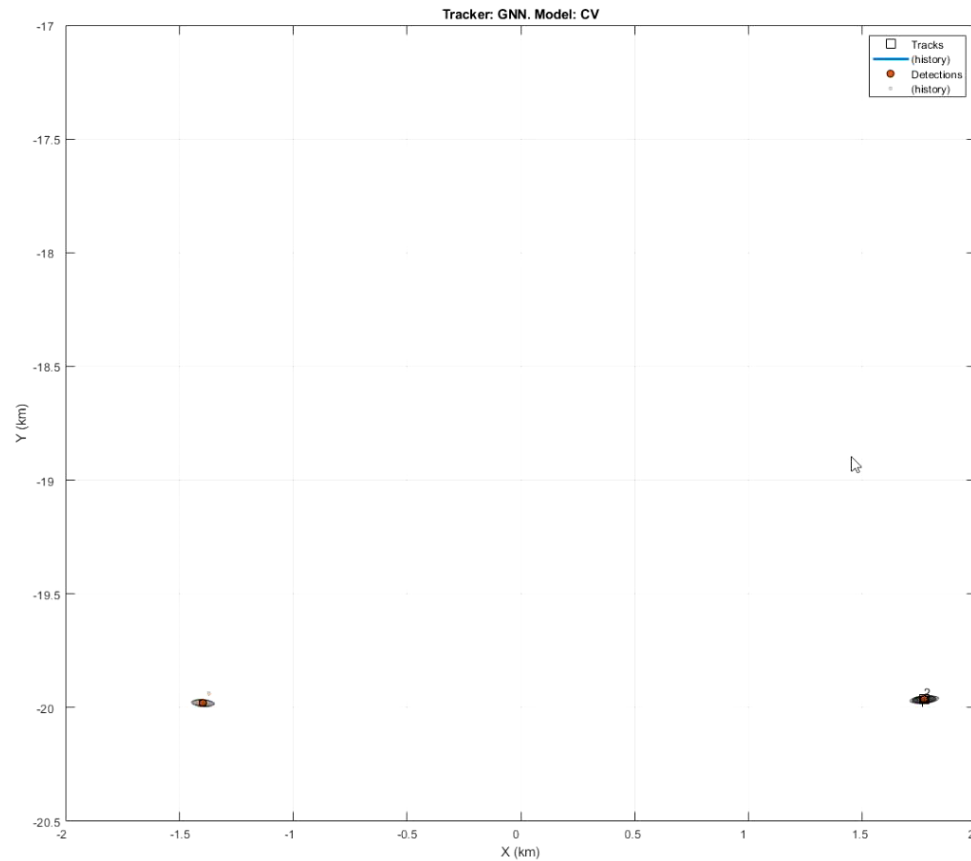
車両の動き



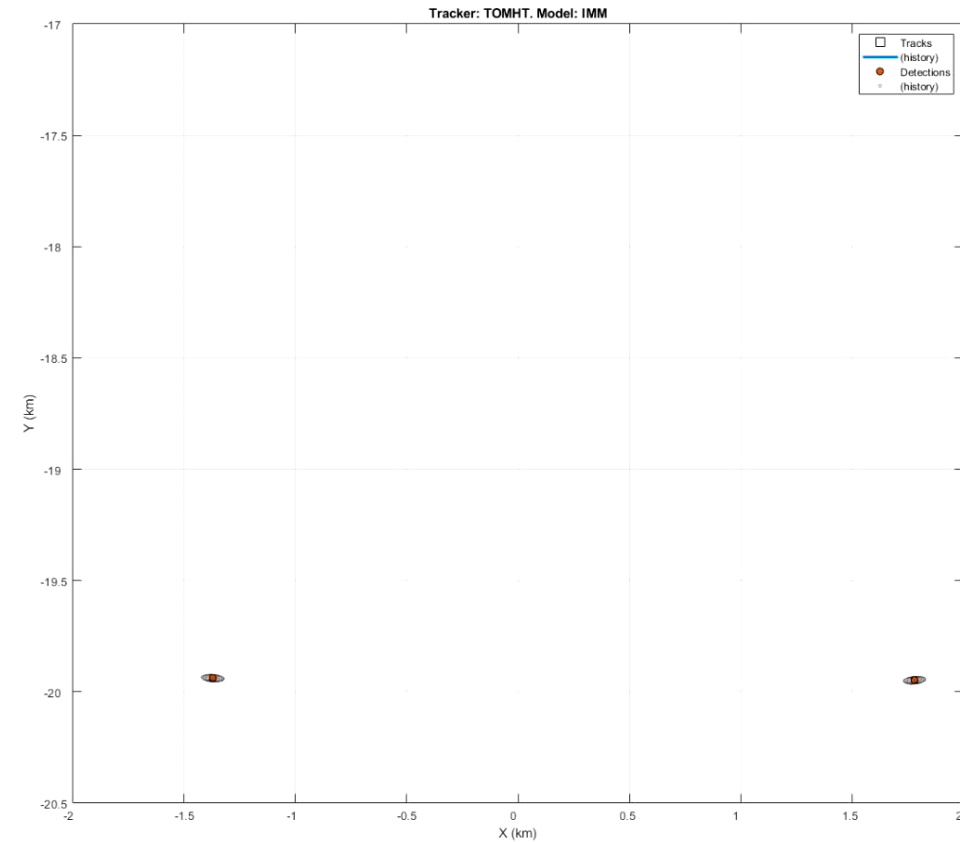
車両が交差したところでトラックを正しく維持できるか？

様々なアルゴリズム・パラメータの組み合わせを探索

Sensor Fusion and Tracking Toolbox™



```
>> trackerGNN, CV
```



```
>> trackerTOMHT, IMM
```

Muiti Object Trackerの種類と概要

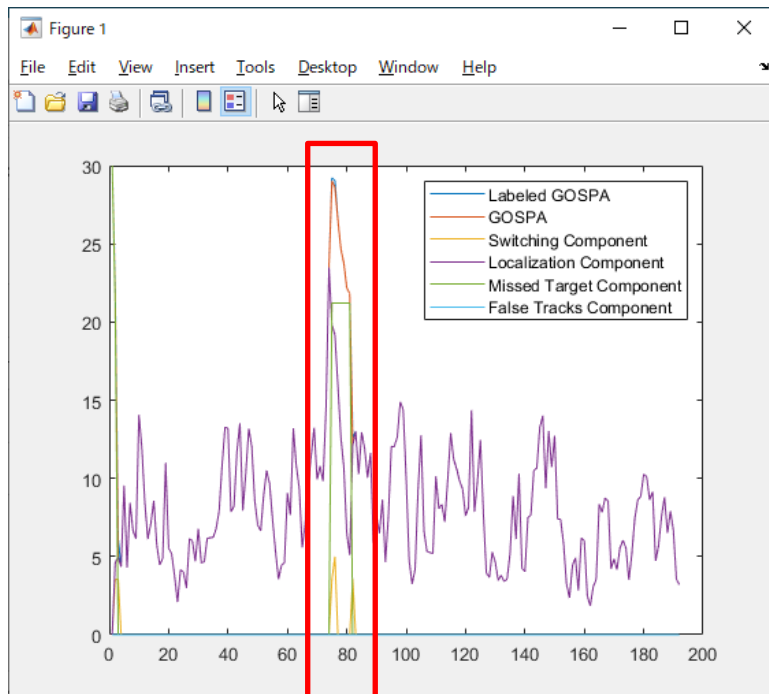
Sensor Fusion and Tracking Toolbox™

Assignment Name	Description	Function or Class
Global Nearest Neighbor (GNN)	単一の仮説に基づく割り当て	trackerGNN assignmunkres assignjv assignauction
Joint Probabilistic Data Association (JPDA)	全ての既存トラックを考慮して各Detectionの尤度(各トラックに割り当てられる可能性)が計算される	trackerJPDA jpdaEvents
Track-Oriented Multiple-Hypothesis Tracking (TOMHT)	各トラックに対して複数の仮説(割り当てられる可能性のある全てのDetectionを考慮、もしくは割り当てが無い可能性)を立て、次の更新にも活用する	trackerTOMHT assignTOMHT trackBranchHistory clusterTrackBranches compatibleTrackBranches pruneTrackBranches
Hypothesis-Oriented Multiple-Hypothesis Tracking (HOMHT)	K-best問題を解くことによって割り当てを決定し、トラックを更新する	Assignkbest
Probability Hypothesis Density (PHD)	明確な割り当ては行わない。トラッキングの問題を未知のランダムなオブジェクトの集合としてモデル化し、Detectionに基づいて各ロケーションにおける確率を推定する	trackerPHD ggiwphd partitionDetections

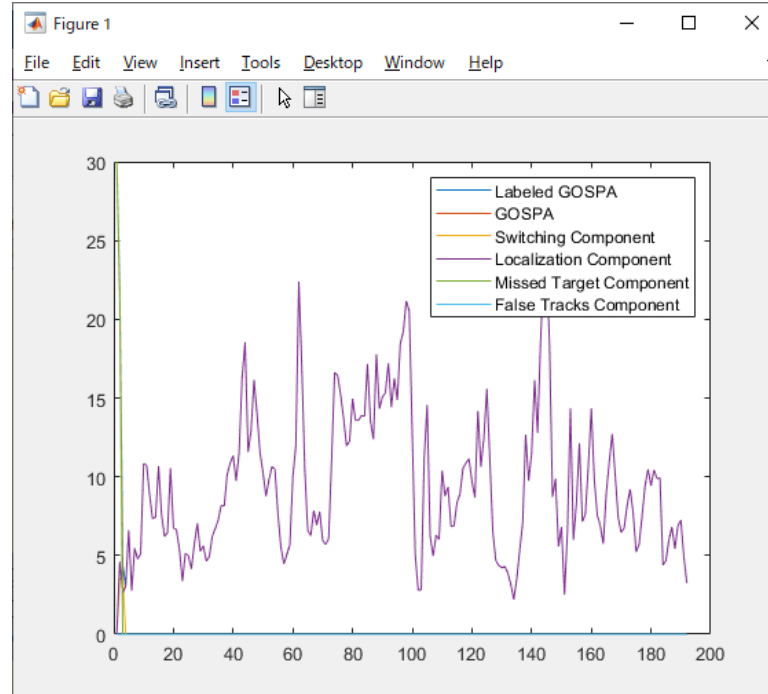
トラッキング・パフォーマンスの測定

Sensor Fusion and Tracking Toolbox™

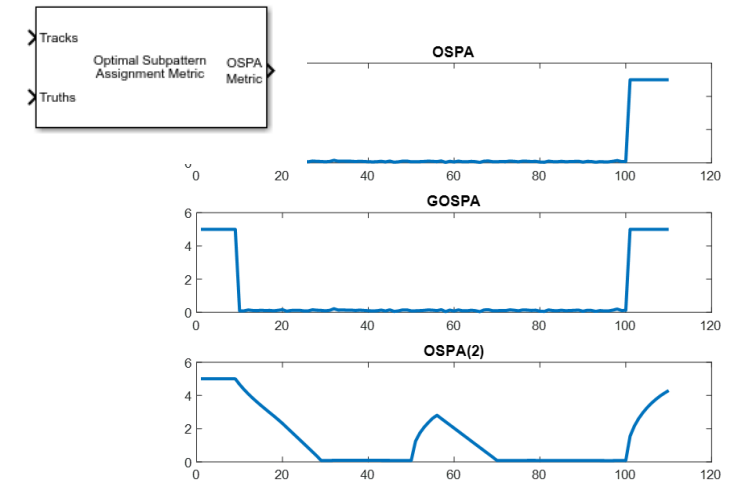
>> trackerGNN, CV



>> trackerTOMHT, IMM



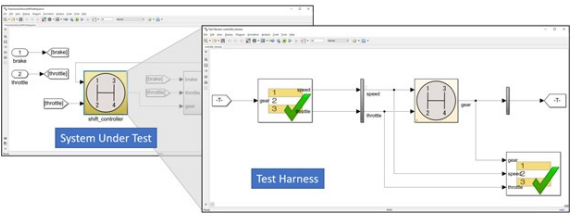
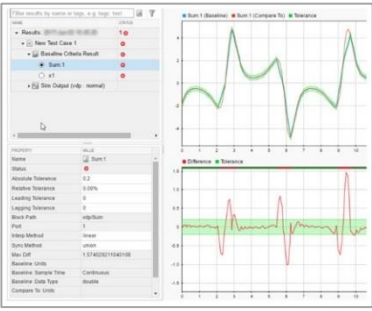
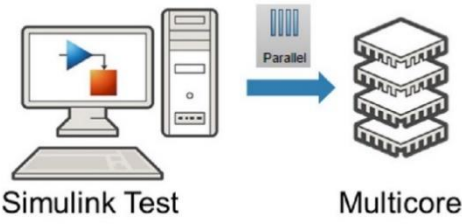
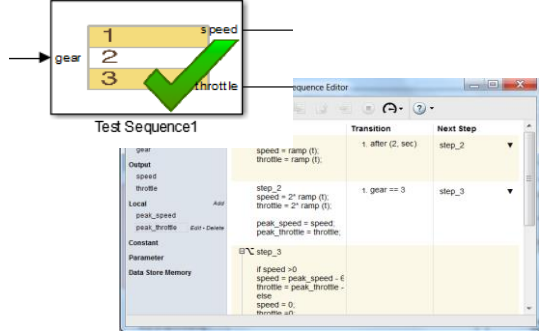
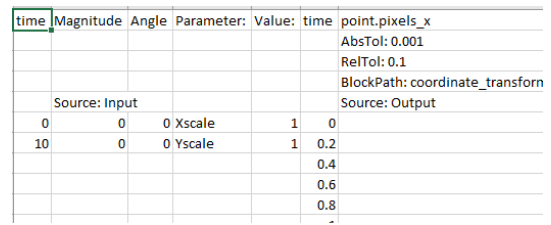
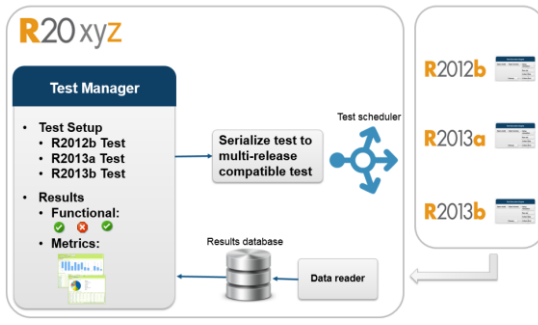
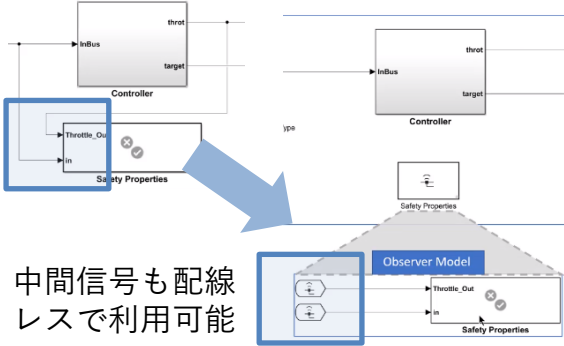
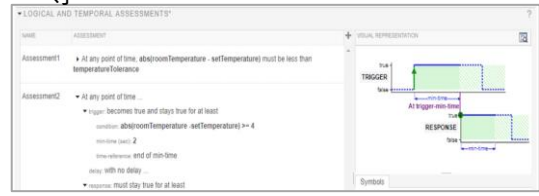
OSPA² Metric



Optimal Subpattern Assignment Metric
Sensor Fusion and Tracking Toolbox

R2022a

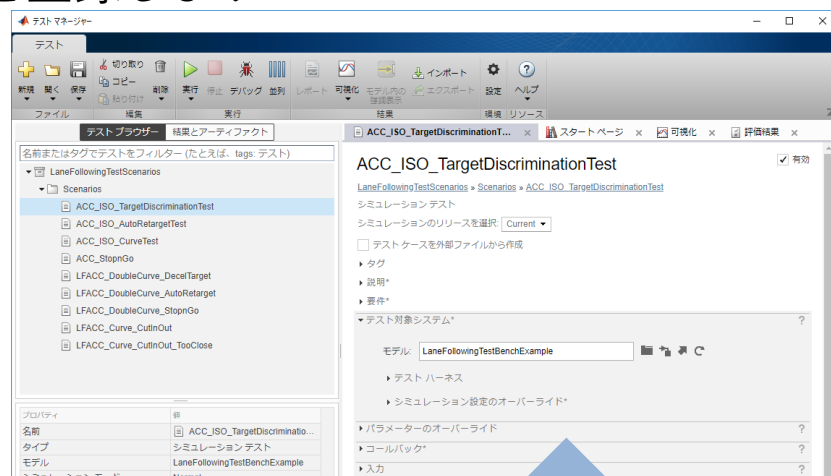
Simulink Test でテスト作業やテスト管理の改善・省力化を図れます

テストハーネス	テストマネージャ	並列・分散テスト	テストシーケンス
モデルやサブシステムにテスト専用モデルを作成・関連付けて管理できます 親モデルとは独立してテストハーネスに入出力やプラントを追加できます 	MIL/SIL/PILでテストを自動実行、合否レポートを作成できます 信号値・時間ずれの評価が可能です 	複数のテストを並列・分散処理で高速化できます  Parallel Computing Toolbox™ / MATLAB Parallel Server™が必要です	入力パターンや評価式を状態遷移表で簡潔に表現できます 
Excelテストデータ読み込み	マルチリリーステスト	オブザーバ	要求に基づくテスト評価
Excelテンプレートに沿って入出力データを記述、簡単に取り込めます 	同一モデルを複数バージョンで比較・評価できます 	面倒な配線無しで信号データを表示・評価できます  中間信号も配線レスで利用可能	要求を自然言語風テンプレートに沿って記述、その成否を評価します - 信号値の上下限・範囲内チェック ～秒経過したら～する - 特定条件が～回発生後～になる、等 

複数の走行シナリオに対する要求/テスト項目の一括評価例

評価式に基づいて一連のシミュレーション結果や測定結果を評価できます

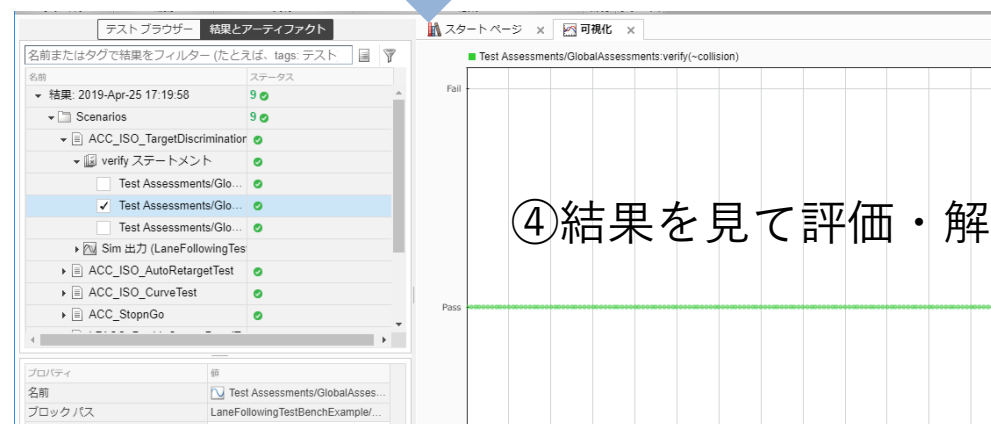
①テストマネージャにモデル・走行シナリオを登録します



②要求/テスト項目の評価式を記述・追加します

```
% Ensure that the time gap between the e
% 0.8s for more than 5s at a time.
verify(duration(time_gap < 0.8, sec) < 5);
```

③各シナリオを自動実行します



④結果を見て評価・解析します

⑥テスト評価式はそのまま他のテスト・シナリオに再利用できます

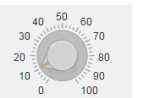
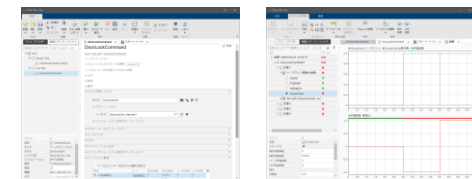
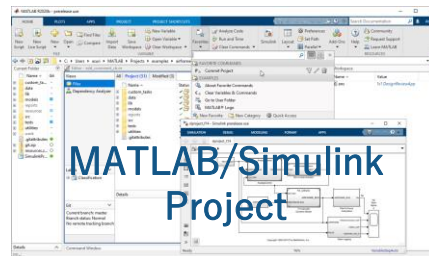
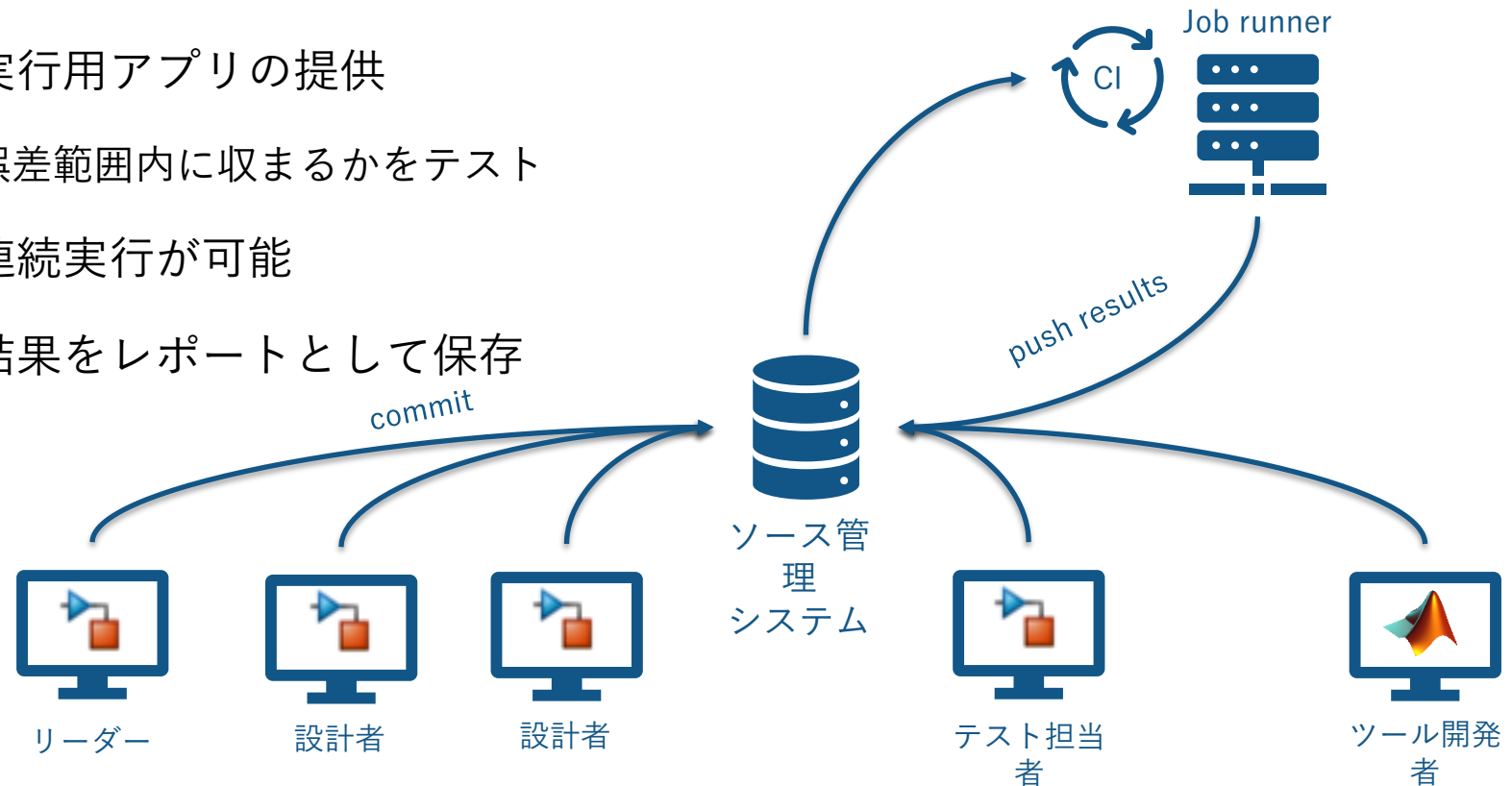


⑤結果をレポートにまとめます

回帰テスト/レポート出力の環境構築のご支援

CI環境構築、回帰テスト実行・レポート生成自動化

- 検証用シナリオ選択・実行用アプリの提供
 - 真値とPF出力結果が誤差範囲内に収まるかをテスト
- 複数シナリオの選択、連続実行が可能
- テスト結果、各種比較結果をレポートとして保存



Keytakeaways : MathWorksが提供する仮想環境とその応用について

- ✓ 制御系エンジニアの方でも使いやすい、Driving Scenario
 - ✓ 3DCG系のスキルや複雑なUI・機能の操作不要
- ✓ ユースケースに合わせてカスタマイズ可能な環境
 - ✓ センサ出力や環境・アクター情報等、柔軟にカスタマイズ
- ✓ センサーフュージョン&トラッキングのリファレンスアルゴリズムや評価用メトリクス
 - ✓ 評価基準用としての利用、パフォーマンスの定量的な評価
- ✓ 自動化
 - ✓ テスト実行やレポート生成の自動化

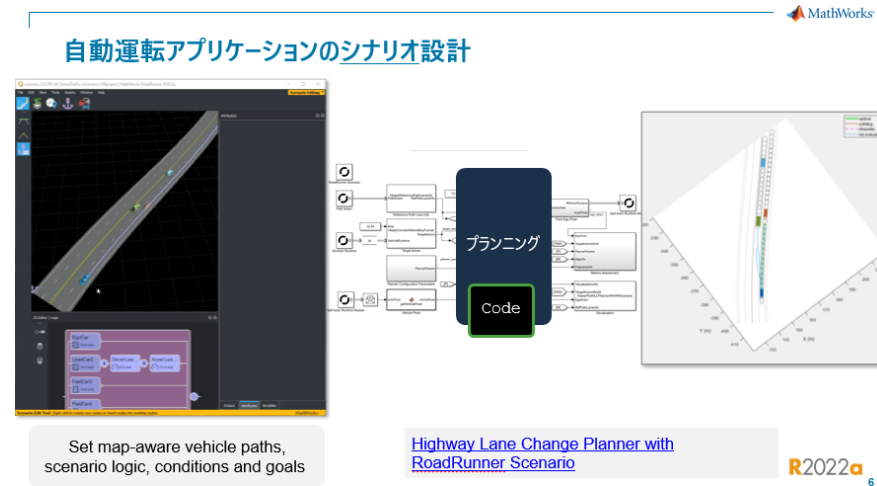


目的に合致した仮想環境の活用により
より効率的なADAS/ADアルゴリズムの開発・検証のフローを実現

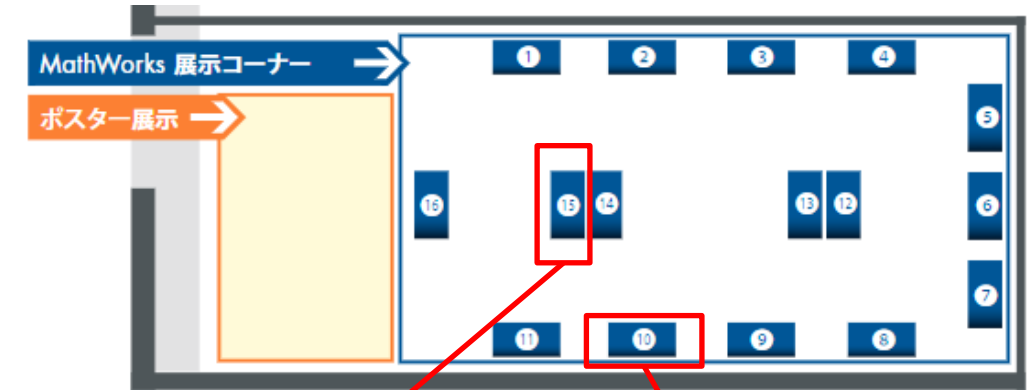
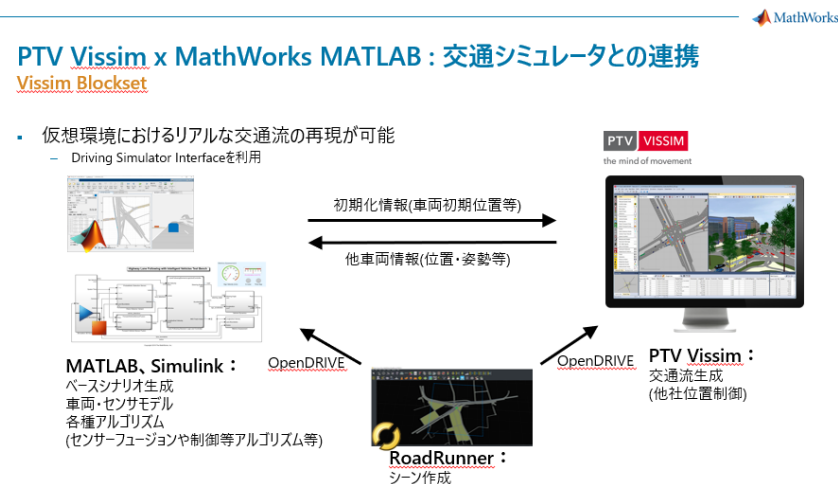


Learn More : MathWorks展示コーナーに是非お立ち寄りください

- RoadRunner Scenarioによる
シナリオ生成とシナリオバリエーションの生成、外部連携



- Automated Driving Toolboxと
交通シミュレータ PTV Vissimとの連携、地図データ連携



技術コンサルティングサービスのご紹介



船田



大橋

ADAS・自動運転関連ソリューション



町田



福地

MATLAB EXPO

Thank you



© 2022 The MathWorks, Inc. MATLAB and Simulink are registered trademarks of The MathWorks, Inc. See [mathworks.com/trademarks](https://www.mathworks.com/trademarks) for a list of additional trademarks. Other product or brand names may be trademarks or registered trademarks of their respective holders.